

POVĚTROŇ

Královéhradecký astronomický časopis

číslo 5/2009
ročník 17



SLOVO ÚVODEM. Na začátku září se v Praze sešlo překvapivé množství zájemců o sluneční hodiny. Bývá zvykem, že hlavní organizátor – respektive organizátorka – o akci, kterou tak pracně uspořádala, napíše navíc článek. Paní Kvasničková–Jindřichová toto „nepříjemné“ pravidlo dodržela! Pan Ciesla v rámci pražského semináře proslavil přednášku o římských hodinách a „přetavil“ ji do podoby článku.

Kromě výše uvedených článků uveřejňujeme desáté pokračování nekonečného Astronomického kurzu, které pojednává o rodinách planetek. Martin Cholasta také upozorňuje na nebeské úkazy, které by neměly uniknout vaší pozornosti.

Miroslav Brož

Elektronická (plnobarevná) verze časopisu Povětroň
ve formátu PDF je k dispozici na adrese:

<http://www.astrohk.cz/ashk/povetron/>

Povětroň 5/2009; Hradec Králové, 2009.

Vydala: **Astronomická společnost v Hradci Králové** (3. 10. 2009 na 224. setkání ASHK)

ve spolupráci s **Hvězdárnou a planetáriem v Hradci Králové**

vydání 1., 32 stran, náklad 100 ks; dvouměsíčník, MK ČR E 13366, ISSN 1213–659X

Redakce: Miroslav Brož, Martin Cholasta, Josef Kujal, Martin Lehký a Miroslav Ouhrabka

Předplatné tištěné verze: vyřizuje redakce, cena 35,- Kč za číslo (včetně poštovného)

Adresa: ASHK, Národních mučedníků 256, Hradec Králové 8, 500 08; IČO: 64810828

e-mail: ashk@ashk.cz, web: <http://www.ashk.cz>

Miroslav Brož: <i>Astronomický kurz (10) — Rodiny planetek</i>	4
<i>Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové</i>	17
Martin Cholasta: <i>Děni na obloze v říjnu a v listopadu 2009</i>	18
Petra Kvasničková-Jindřichová: <i>Podzimní setkání slunečních hodinářů</i>	19
Jaromír Ciesla: <i>Římské přenosné sluneční hodiny</i>	27
Jaromír Ciesla: <i>Sluneční hodiny 3. čtvrtletí</i>	31

Titulní strana: O slunečních hodinách v chodbě bývalého kláštera benediktinů v Břevnově píše B. Polák [1]: „Hodiny se nalézají v prostoru za vchodem pod jižními hodinami. Byly vytvořeny tak, že v neprůhledném okně nad vchodem byl malý otvor, kterým vnikal dovnitř sluneční paprsek. Ten se odrazil od zrcadla umístěného na okenní podestě a dopadal na klenbu opatřenou číselníkem. Štěrbinovo–zrcadlové zařízení se nezachovalo, zůstal jen číselník, který na klenbě tvaru kulového vrchlíku sestává z hodinových čar a příslušných číslic. Římské číslice X až II a I, II jsou vyznačeny na zvlněné stuze, kterou drží letící anděl.“

V létě r. 1992 jsme se s dr. Šímou podíleli na rekonstrukci čtyř slunečních hodin v Břevnovském klášteře. Byli jsme přítomni upozorněni na páté, zcela mimořádné sluneční hodiny, nalézající se v chodbě za dveřmi v jižní stěně. Bylo nám řečeno, že nikdo už neví, kdy a kým byly ony hodiny zhotoveny a jak fungovaly. Pokusili jsem se proto měřeními a výpočty vyjasnit jejich funkci a ověřit správnost jejich realizace. O jejich popisu v [1] dr. Šíma věděl, ale upřímně řečeno mu příliš nevěřil, a tak jsme kromě představy „malý otvor–velké zrcadlo“ předpokládali též alternativní možnost „velké okno–malé zrcátko“. Mimochodem, v r. 1992 nebyla reálná možnost ověřit ani jednu z obou možností, neboť prostor nad dveřmi, kde je nyní okno, byl zazděný (tak si to aspoň pamatují já, dr. Šíma si naopak myslí, že tam i tenkrát už okno bylo).

Na každé hodinové čáře jsme změřili přesné souřadnice tří bodů a také souřadnice ještě několika dalších významných bodů a sestavili programy, které pro obě varianty uspořádání hledaly optimální polohu otvoru a zrcadla (resp. zrcátka vzhledem k oknu) tak, aby vypočtené polohy „prasátka“ v různých ročních dobách a časech co nejlépe souhlasily se skutečnou polohou hodinových čar. (Jako vedlejší produkt tohoto úsilí jsme po vyrovnání bodů geodetickým programem zjistili, že strop není kulový vrchlík, ale část tříosého elipsoidu.) Bohužel, vypočtené polohy udávaly nerealistická umístění otvoru i zrcadla (zrcátka), hodinové čáry tedy nebyly nakresleny správně. Nápad s hodinami byl skvělý, realizace se úplně nezdařila. Nicméně, pro určitá roční období mohly hodiny ukazovat s přijatelnou chybou. Detaily výpočtů i simulací budou publikovány. Text Jiří Bok, foto Miroslav Brož. K článku na str. 19.

Rodiny planetek jsou vlastně shluky podobných drah. V třírozměrném prostoru vlastní velká poloosa a_p , vlastní excentricita e_p a vlastní sklon I_p je patrných přibližně 40 rodin (obr. 3 v Povětroni 2/2009). Pojmenovány jsou vždy po asteroidu, který má nejnižší číslo v katalogu.

Rodiny nejsou vidět přímo jako shluky na obloze, zejména proto, že jejich členy mají různé velké poloosy a , tedy i úhlové rychlosti $n \doteq \sqrt{GM_\odot} a^{-1,5}$, a na obloze se jaksi „rozejdou“. Navíc frekvence precese argumentů pericenter ω i výstupných uzlů Ω citlivě závisejí na a , dráhy členů jsou pak různě natočené v prostoru a ve výsledku jsou planetky rozprostřené v pásu, jehož šířka zhruba odpovídá dvojnásobku sklonu.

Je prakticky jisté, že rodiny vznikly srážkami planetek a následným orbitálním vývojem, zapříčiněným gravitací planet a Jarkovského/YORP jevem. Porovnáme-li objem největšího člena rodiny a všech členů dohromady, obdržíme poměry LF/PB od 0,01 do skoro 1. To znamená, že se jednalo buď o katastrofický rozpad mateřského tělesa, nebo o pouhé kráterování, anebo cokoliv mezi tím.

Protože planetky jsou rozptýlené v obrovském prostoru, vzájemné srážky jsou velmi málo pravděpodobné. V hlavním pásu je příslušná pravděpodobnost vlastně „nula“ (Dahlgren 1998):

$$P_i \simeq \frac{N}{n_p T R^2} \doteq 3,1 \cdot 10^{-18} \text{ km}^{-2} \cdot \text{yr}^{-1}, \quad (1)$$

kde N je počet přiblížení na vzdálenost menší než R za dobu T , přičemž počet párů n_p , které se mohou potkat, je prostě $n(n-1)$. Naštěstí máme dostatek času — střední doba mezi katastrofickými rozpady (v hlavním pásu) je přibližně (Farinella aj. 1998):¹

$$\tau_{\text{disr}} \simeq 16,8 \text{ Myr} \sqrt{[R]_{\text{m}}}, \quad (2)$$

kde R značí poloměr planetky. Kolize, která nestačí na rozpad, ale na změnu směru rotační osy ano, nastává v průměru za:

$$\tau_{\text{reor}} \simeq 15,0 \text{ Myr} \sqrt{[R]_{\text{m}}}. \quad (3)$$

Všimněme si, že pokud za τ_{disr} dosadíme 4,5 Gy, vyjde $R \simeq 70 \text{ km}$. To znamená, že největší planetky, jako Ceres nebo Vesta, pravděpodobně zůstaly od svého vzniku netknuté.

¹ Jednoduchý algoritmus Monte-Carlo pro modelování kolizí může vypadat následovně. Nastane během následujícího časového kroku Δt rozpad? Spočtu pravděpodobnost $p = 1 - e^{-\frac{\Delta t}{\tau}}$; vygeneruji náhodné číslo $x \in (0; 1)$; jestliže $x < p$ nastane rozpad, jinak ne.

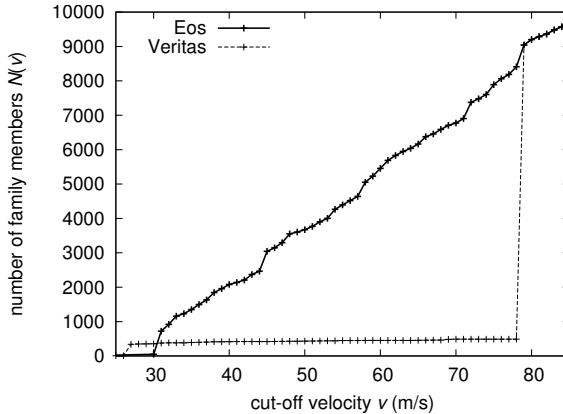
Hierarchická shlukovací metoda

Abychom mohli nějak posoudit, které planety náležejí k sobě, používáme hierarchickou shlukovací metodu (HCM, Zappalà aj., 1990). Její princip je jednoduchý: (i) zvolíme si metriku (tj. míru vzdálenosti mezi dvěma planetkami v prostoru vlastních elementů; $a_p = (a_{p1} + a_{p2})/2$):

$$v = na_p \sqrt{C_a \left(\frac{\Delta a_p}{a_p} \right)^2 + C_e \Delta e_p^2 + C_i (\Delta \sin i_p)^2}, \quad (4)$$

váhy mohou být třeba $C_a = \frac{5}{4}$, $C_e = 2$, $C_i = 2$. Obvykle se rozměr rychlosti AU/den převádí na m/s; (ii) zvolíme jeden asteroid jako prvního člena rodiny, třeba (221) Eos, a nějakou hraniční rychlost v_{cutoff} , třeba 50 m/s; (iii) testujeme všechny ostatní asteroidy z katalogu, které nejsou členy rodiny, když mají *vzdálenost od kteréhokoliv člena rodiny* $v < v_{\text{cutoff}}$, přiřadíme je do rodiny (tento algoritmus má složitost N^2); (iv) opakujeme (iii), dokud nějaké členy rodiny přibývají.

Identifikace členů rodiny a jejich počet samozřejmě závisejí na zvolené mezní rychlosti. Příklad závislosti $N(v_{\text{cutoff}})$ je na obr. 1.



Obr. 1 — Závislost počtu N členů rodiny Eos na zvolené hraniční rychlosti v_{cutoff} . Členy Eosu přibývají s rostoucí rychlostí neustále, neboť v okolí je mnoho asteroidů pozadí. Naproti tomu rodina Veritas je od pozadí dobře oddělená, v intervalu $v_{\text{cutoff}} \in (40; 70)$ m/s je počet členů skoro konstantní. Při rychlosti 78 m/s Eos a Veritas splynou dohromady. Převzato z Vokrouhlický aj. (2005).

Členové takto zjištěných rodin mívají zároveň *podobná spektra a barvy* (Ivezić aj., 2001), což jen potvrzuje, že planety původně tvořily jedno těleso. Můžeme si také sestavit kombinovanou metriku, která zahrne i vzdálenost v prostoru spekter.

Nicméně spekter není k dispozici tolik, kolik je známých drah. Pokud se mezi členy vyskytne nějaký s výrazně odlišným spektrem pokládáme jej za *přimísenou planetku* (interloper), která se pouze náhodnou vyskytuje v prostoru rodiny.

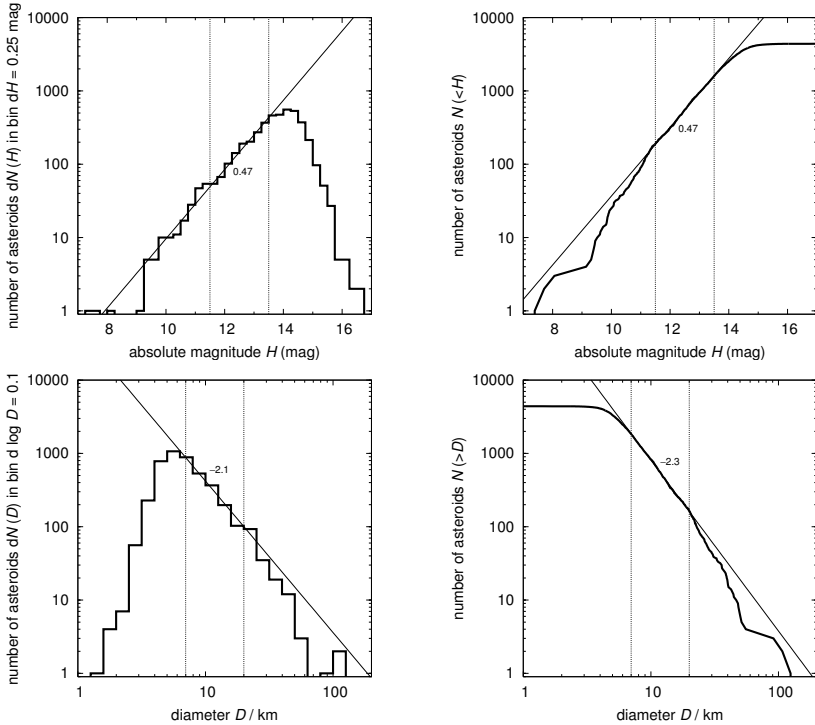
Metoda samozřejmě není stoprocentně spolehlivá. Selhává, když se dvě rodiny překrývají, když se planetky pozadí nabalují na okraje rodiny a není apriori zřejmé, jakou v_{cutoff} vlastně zvolit, atd.

Rozdělení velikostí populací

Důležitou charakteristikou skupiny planetek je rozdělení velikostí jejich členů. Můžeme sestřiovat celkem dva druhy histogramů pro dvě různé veličiny:

diferenciální/kumulativní pro absolutní hvězdnou velikost/průměr.

Tyto čtyři histogramy četnosti vypadají pro jednu a tutéž rodinu Eos následovně:



Obr. 2 — Histogramy $dN(H)$, $N(<H)$, $dN(D)$, $N(>D)$ pro rodinu Eos, zjištěnou hierarchickou shlukovací metodou s $v_{\text{cutoff}} = 55$ m/s.

Velmi často se plochá šikmá část kumulativního histogramu aproximuje mocninovou závislostí $N(>D) = C[D]_{\text{km}}^\gamma$, tedy přímkou na grafu $(\log D, \log N(>D))$.

Pro absolutní hvězdné velikosti používáme aproximaci $N(<H) = C'10^{\alpha[H]_{\text{mag}}}$, neboli přímku na grafu $(H, \log N(<H))$. Za předpokladu, že všechny členy mají stejné albedo, platí mezi indexy vztah $\gamma = -5\alpha$. Diferenciální histogramy $dN(D)$ mají indexy sklonu o 1 menší než kumulativní histogramy $N(>D)$.²

Zdánlivý úbytek těles pro malá D (velká H) je důsledek *observační nedostatečnosti*, malé planetky prostě zatím nebyly objevené. Za určitých předpokladů však můžeme plochou část histogramu prodloužit a odhadnou tak, kolik malých (nepozorovaných) planetek v populaci je.³

Kolizní rozpady obvykle produkuje *strmá* rozdělení velikostí fragmentů ($\gamma \simeq -4$). Další vývoj srážkami jej „zploštuje“ a po určité době, při $\gamma \simeq -2,5$, nastává ustálený stav, kdy se rozbité planetky doplňují rozbíjením větších, takže sklon rozdělení $N(>D)$ se dále nemění, jen klesá celková populace (Dohnanyi, 1969). Sekundární kolize mohou na rozdělení způsobovat „vlny“.

² Vztah mezi D a H plyne z Pogsonovy rovnice:

$$H_2 - H_1 = -2,5 \log \frac{E_2}{E_1} = -2,5 \log \frac{D_2^2}{D_1^2} = -5 \log \frac{D_2}{D_1}.$$

Pro naše účely jej přepíšeme jako $H - H_{1 \text{ km}} = -5 \log [D]_{\text{km}}$ a odvodíme $\log N(<H)$:

$$\begin{aligned} \log N(>D) &= \log(C[D]_{\text{km}}^\gamma) = \overbrace{\log C + \gamma \log [D]_{\text{km}}}^{\text{rovnice přímky}} = \log C - \frac{\gamma}{5}(H - H_{1 \text{ km}}) \\ &= \overbrace{\log C + H_{1 \text{ km}}}^{C'} - \overbrace{\frac{\gamma}{5} H}^{+\alpha} = \log N(<H). \end{aligned}$$

Diferenciální rozdělení $dN(D)$ je vlastně derivací $N(>D)$, čili:

$$\frac{dN}{dD} = C\gamma [D]_{\text{km}}^{\gamma-1},$$

tudíž není divu, že $dN(D) = C\gamma [D]_{\text{km}}^{\gamma-1} dD$ má nižší sklon.

³ Pro odhad velikosti mateřského tělesa se započtením malých nepozorovaných těles můžeme použít tuto jednoduchou metodu: (i) sečteme pouze objemy pozorovaných těles větších než předpokládaný limit observační úplnosti D_{complete} ($V_{\text{complete}} = \sum_i \frac{\pi}{6} D_i^3$); (ii) aproximujeme kumulativní rozdělení velikostí mocninnou závislostí ($\log N(>D) = \alpha \log [D]_{\text{km}} + \beta$); (iii) prodloužíme ji od D_{complete} do $D_{\text{min}} = 0$ vypočítáme celkový objem mateřského tělesa (samozřejmě je-li $\alpha > -3$):

$$V_{\text{PB}} = V_{\text{complete}} + \frac{\pi}{6} 10^\beta \frac{\alpha}{\alpha + 3} \left[D_{\text{min}}^{\alpha+3} - D_{\text{complete}}^{\alpha+3} \right]. \quad (5)$$

Výsledek je $D_{\text{PB}} = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} V_{\text{PB}}}$.

Rozdělení velikostí dynamicky nestabilních populací může být ovlivněno transportním mechanismem, který je závislý na velikosti. Například Jarkovského drift velké poloosy je nepřímo úměrný velikosti, jako D^{-1} , což může způsobit rozdíl o -1 mezi rozděleními $N(>D)$ zdroje a cíle, protože malá tělesa se přemísťují rychleji.

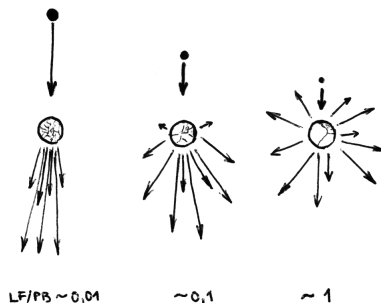
Rychlostní pole po impaktu

Numerické modelování srážek hydrodynamickými metodami (SPH) i laboratorní experimenty škálované na rozměr planetek nám říkají, že fragmenty po srážce odletují rychlostmi řádu $v_{\text{rel}} \simeq 10^1$ m/s (Asphaug aj., 2002; Michel aj., 2001; Durda aj., 2006).

Vzhled rychlostního pole fragmentů může být různý: pro kolize s větším poměrem LF/PB bývá pole *izotropní*; pro katastrofické rozpady má spíše vzhled úzkého *kužele* (obr. 3). Pro izotropní rychlostní pole lze použít třeba model Farinelly aj. (1993):

$$dN(v) = Cv(v^2 + v_{\text{esc}}^2)^{(\kappa+1)/2}, \quad (6)$$

kde $dN(v)$ je počet fragmentů s rychlostmi v intervalu $(v, v + dv)$, C konstanta, $v_{\text{esc}} = \sqrt{2GM/R}$ úniková rychlost z povrchu mateřského tělesa, a $\kappa = 3,25$ zvolený exponent mocninného rozdělení. Jedná se o rychlosti „v nekonečnu“, tzn. že byla započtena vzájemná přitažlivost fragmentů, kterou bylo třeba překonat.



Obr. 3 — Nákres rychlostního pole po impaktu s různým poměrem LF/PB hmotnosti největšího fragmentu a mateřského tělesa.

Gaussovy rovnice a změny elementů

Jak se mění keplerovské orbitální elementy, když působí určité zrychlení? To popisují Gaussovy rovnice. Zrychlení $\mathbf{a} = (\mathcal{R}, \mathcal{T}, \mathcal{W})$ vyjádříme ve složkách radiální, transverzální a normální, a pak:

$$\frac{da}{dt} = \frac{2}{n\sqrt{1-e^2}} [T + e(\mathcal{T} \cos f + \mathcal{R} \sin f)], \quad (7)$$

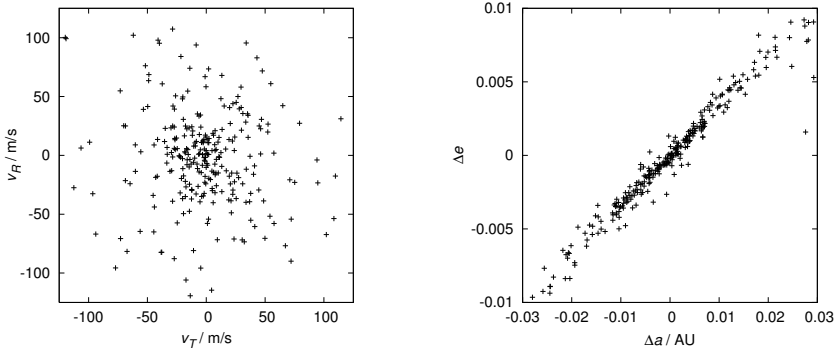
$$\frac{de}{dt} = \frac{\sqrt{1-e^2}}{na} [\mathcal{R} \sin f + \mathcal{T}(\cos f + \cos E)], \quad (8)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{W}}{na\sqrt{1-e^2}} \frac{r}{a} \cos(\omega + f), \quad (9)$$

a podobně pro další elementy; n značí střední pohyb (vypočítaný z Keplerova zákona $n^2 a^3 = GM$), f pravou anomálii, E excentrickou anomálii, $\cos E = \frac{e + \cos f}{1 + e \cos f}$. Všimněme si, že hlavně *transverzální* složka mění velkou poloosu, neboť $\lim_{e \rightarrow 0} \frac{da}{dt} = \frac{2\mathcal{T}}{n}$. Rovnice se zejména hodí pro popis negravitačních nekonzervativních zrychlení, jako jsou tření o atmosféru nebo Jarkovského jev.

Co když se *náhle* změní rychlost o $\Delta \mathbf{v} = (\Delta v_{\mathcal{R}}, \Delta v_{\mathcal{T}}, \Delta v_{\mathcal{W}})$? (Tj. situace, která může nastat při impaktu.) Protože $\frac{n}{2} da = \mathcal{T} dt = \frac{1}{m} \frac{d(mv_{\mathcal{T}})}{dt} dt = dv_{\mathcal{T}}$, vidíme, že místo časových derivací $\frac{da}{dt}$ a zrychlení \mathcal{T} musíme v Gaussových rovnicích prostě psát změny elementů Δa a změny rychlostí $\Delta v_{\mathcal{T}}$.

Typickým výsledkem izotropního impaktu jsou dráhy vyplňující elipsu na grafu (a, e) , nebo dokonce „úsečku“ v případě, že $f \rightarrow 0^\circ$ (obr. 4).



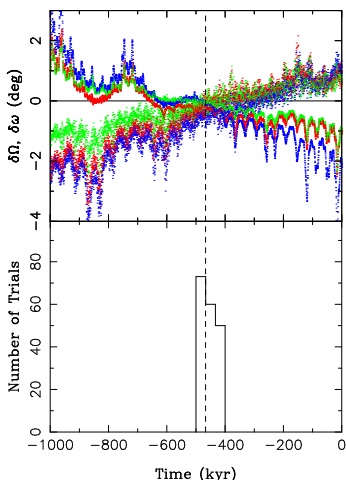
Obr. 4 — Izotropní pole rychlostí ve složkách $(v_{\mathcal{R}}, v_{\mathcal{T}})$, vytvořené podle (6), a jeho obraz v rovině (a, e) získaný Gaussovými rovnicemi (7)–(8). V tomto případě byla hodnota $f = 20^\circ$ a $\omega + f = 0^\circ$.

V následujícím budeme studovat, jak se orbitální elementy mění dynamickým vývojem. Jedná se o tři postupné fáze: (i) keplerovská diferenciální rotace; (ii) diferenciální precese uzlů a pericenter; (iii) Jarkovského/YORP jev a chaotická difuze.

Keplerovská diferenciální rotace

Orbitální vývoj drah krátce po impaktu je určen především rozdílným středním pohybem n planetek. Již za několik tisíc oběhů mají planetky střední anomálie $M = n(t - t_0)$ „rozeseté“ náhodně v intervalu $\langle 0, 360^\circ \rangle$. Obdobně působí veškeré gravitační poruchy planet, nejvíce se uplatňují právě ve střední anomálii.

Jednou z velmi mladých rodin, které jsou v této fázi vývoje, je Datura (Nesvorný aj., 2006; obr. 5). Byla nalezena v pětirozměrném prostoru *oskulačních* elementů, nikoli vlastních (ty není možné spočítat pro krátké časové škály). Konvergence úhlů Ω , ϖ , M pro členy Datury je nejtěsnější v čase (450 ± 50) ky před současností, což zřejmě odpovídá okamžiku rozpadu mateřského tělesa. Aby při zpětné integraci nastala konvergence i ve střední anomálii, je nutné započítat vliv Jarkovského jevu na velkou poloosu.



Obr. 5 — Konvergence úhlů Ω a ϖ pro tři členy rodiny Datura (vzhledem k asteroidu (1262) Datura) a histogram možných stáří rodiny určený z 1 miliónu zpětných integrací drah. Jednotlivé pokusy se liší v rámci nejistoty určení dráhy a velikosti Jarkovského jevu. Rodina vznikla nepravděpodobněji před (450 ± 50) ky. Převzato z Nesvorný aj. (2006).

Diferenciální precese uzlů a pericenter

V důsledku gravitačních poruch planet *precedují* dráhy planetek, tzn. že úhly Ω a ϖ rostou nebo klesají s časem. Rychlosti precese jsou přitom závislé na vzdálenosti planetek od rušících planet, čili $\dot{\Omega}(a)$ i $\dot{\varpi}(a)$ jsou funkcemi velké poloosy. Řádově za milión let od rozpadu mateřského tělesa se rozdělení úhlů stává prakticky rovnoměrným na intervalu $(0, 360^\circ)$.

V tomto stavu se nacházejí například rodiny Karin, Veritas, Iannini (Nesvorný aj., 2003). Jejich stáří lze odhalit zpětnou integrací drah v čase, právě kvůli konvergenci úhlů (viz tab. 1). Jarkovského drift ve velké poloose pochopitelně ovlivňuje i konvergenci úhlů, a to skrze závislosti $\dot{\Omega}(a)$, $\dot{\varpi}(a)$. Nesvorný a Bottke (2004) objevili, že konvergence drah může být podstatně zlepšena, pokud pro každého člena rodiny Karin předpokládají určitou hodnotu driftu $\frac{da}{dt}$ (rozptyl Ω a ϖ v okamžiku impaktu klesne ze 40° na 5° , což je podle Gaussových rovnic v mnohem

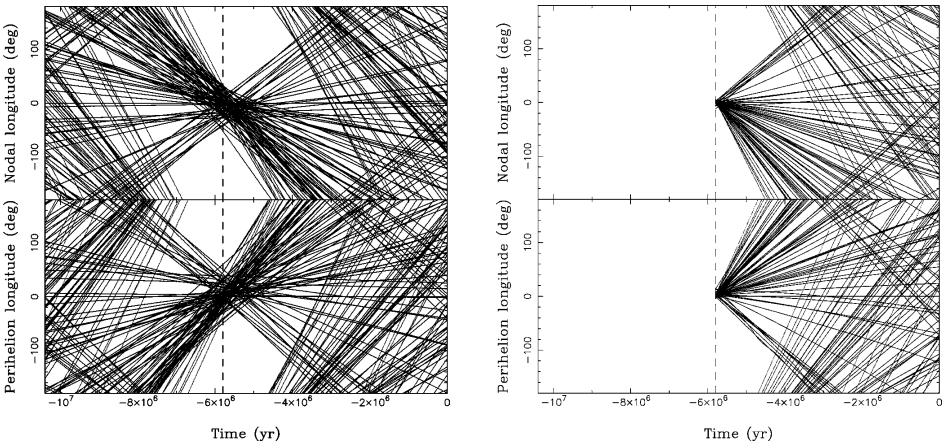
lepším souladu s pozorovaným rozptylem vlastních a , e , i ; viz obr. 6). Tyto hodnoty driftu $\frac{da}{dt}$, odvozené z konvergence drah, jsou v souladu s obvyklou velikostí Jarkovského jevu pro planety dané velikosti.

Tři zmiňované mladé rodiny souvisejí s *prachovými pásy*, které pozorovala družice IRAS v infračerveném oboru — rodiny a odpovídající pásy mají velmi podobné sklony k ekliptice. Při rozpadu mateřského tělesa na fragmenty zřejmě zároveň vzniklo velké množství prachu, který pak působením *Poyntingova–Robertsonova jevu* spiráluje ke Slunci a přitom vyzařuje tepelné záření.

Část prachu je zachycena atmosférou Země a pomalu sedá až na zemský povrch. Farley aj. (2006) prokázali, že zvýšený obsah lehkého hélia ^3He (vzácného izotopu, u něž se předpokládá meziplanetární původ) v mořských usazeninách starých $(8,2 \pm 0,1)$ Myr přímo souvisí se vznikem velké rodiny Veritas.

rodina	věk/Myr	prachový pás
Karin	$(5,8 \pm 0,2)$	$2,11^\circ$
Veritas	$(8,3 \pm 0,5)$	$9,38^\circ$
Iannini	< 5	asi J/K $(12,11^\circ)$

Tab. 1 — Mladé rodiny planetek, u kterých se objevuje konvergence délek perihelií a délek uzlů (jakožto známka srážky, která rodinu vytvořila). Stáří bylo určeno přímými N-částicovými integracemi. Uveden je též střední sklon odpovídajícího prachového pásu pozorovaného družicí IRAS.



Obr. 6 — Dráhy členů rodiny Karin na grafech délka perihelia a délka uzlu versus čas. Vlevo: bez jakýchkoliv negravitačních sil (rozptyl Ω a ϖ v čase $-5,8$ Myr je $\sim 40^\circ$). Vpravo: se započtením Jarkovského driftu velké poloosy (rozptyl drah je jen $\sim 5^\circ$). Současný rozměr rodiny Karin ve velké poloose činí $\sim 10^{-2}$ AU; Jarkovského drift řádu 10^{-4} AU je zřetelně viditelný pouze na grafech $\Omega(t)$, $\varpi(t)$. Převzato z Nesvorný a Bottke (2004).

Jarkovského jev a chaotická difuze

Na *dlouhodobém* vývoji asteroidálních rodin se podílejí zejména Jarkovského jev, který způsobuje systematickou změnu velké poloosy, a gravitační poruchy planet, které v místech překrývajících se rezonancí způsobují chaotickou difuzi excentricit a sklonů.

Co je třeba k výpočtu Jarkovského/YORP jevu? Abychom správně vypočítali teplotu na povrchu planety (a poté již snadno infračervenou emisi, sílu a případně moment síly), musíme znát její dráhu (tj. polohu zdroje záření), velikost a tvar, orientaci rotační osy a periodu, hmotnost, hustotu povrchových vrstev, albedo, tepelnou vodivost, kapacitu a infračervenou emisivitu materiálu.

To je mnoho neznámých parametrů. V „nejhorším“ případě (a pro velkou většinu planetek) máme pouze dráhu a širokopásmovou fotometrii (ze které lze „hádat“ přibližné albedo, velikost a tepelné parametry). Jak překonat tento akutní nedostatek fyzikálních parametrů? V případě rodin planetek můžeme použít *ko-
lektivní dynamiku* — studovat celou skupinu těles a považovat tepelné parametry za statistické veličiny, tedy zvolit pro ně rozumné rozdělení pravděpodobnosti a přiřadit je jednotlivým tělesům náhodně.

Na příkladu rodin Koronis a Eos (Bottke aj., 2001; Vokrouhlický aj., 2005) ukážeme tři obecné procesy, jak Jarkovského drift spolu s gravitačními rezonancemi dramaticky ovlivňují celkový tvar rodiny. Můžeme ony procesy nazvat: „ohraničení“, „průchod“ a „záchyt“.

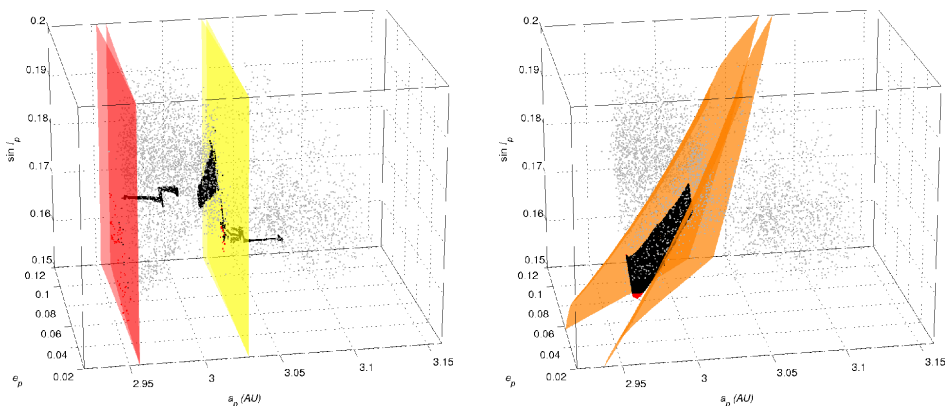
Za prvé si všimněme tvaru rodiny Eos (obr. 7): je ostře ohraničen na malé hodnotě vlastní velké poloosy a_p , na větších a_p je evidentní menší počet planetek, zejména těch velikých, a rodina je poněkud protáhnutá ve směru k nižším a_p , nižším e_p a nižším I_p . Tyto pozorované tvary krásně líčují s analyticky spočtenými hranicemi rezonancí, jmenovitě s rezonancí středního pohybu 7:3 s Jupiterem na 2,955 AU, s rezonancí 9:4 na 3,03 AU a se sekulární rezonancí $z_1 = g - g_6 + s - s_6$.

Pozorování vysvětlujeme takto: původně, po rozpadu mateřského tělesa, byla rodina kompaktnější; planety driftovaly Jarkovského jevem směrem k nižším velkým poloosám a setkaly se se silnou rezonancí 7:3, která rozptyluje jejich excentricity a sklony nebo je dokonce posílá na dráhy křížící dráhy planet, a tudíž žádný člen rodiny není viditelný za rezonancí. Rezonance 7:3 proto ohraničuje rodinu Eos (obr. 7, vlevo).

Planety driftující opačným směrem, k větším velkým poloosám, potkaly slabší rezonanci 9:4. Některé byly schopné jí projít, ale některé byly rozptýlené. Tento průchod vysvětluje, proč je za rezonancí 9:4 méně planetek a také proč je úbytek závislý na velikosti — menší planety totiž driftují rychle a rezonanci překročí na nízkých excentricitách a sklonech (obr. 7, vlevo).

Mnoho členů rodiny Eos je zachycených v sekulární rezonanci z_1 ; driftují ve velké poloose působením Jarkovského jevu a zároveň jsou nuceny sledovat librační centrum rezonance, jehož poloha však závisí na všech třech orbitálních elementech

a_p , e_p , I_p . Ve výsledku se nemění pouze velká poloosa, ale i excentricita a sklon, čímž vzniká jakýsi proud planetek směřující k malým hodnotám a_p , e_p , I_p , tedy protáhlý tvar rodiny (obr. 7, vpravo).



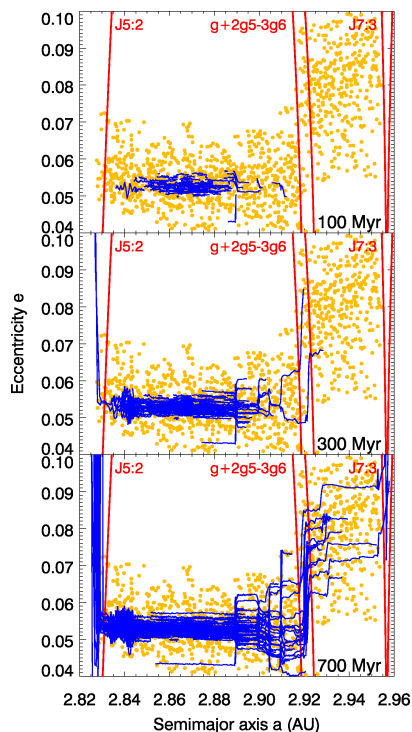
Obr. 7 — Rodina Eos ve třírozměrném prostoru vlastních elementů a_p , e_p a $\sin I_p$. Tři rezonance, J7:3 a J9:4 (vlevo) a z_1 (vpravo) jsou zakresleny spolu s příklady těles driftujících Jarkovského jevem a interagujících s těmito rezoncencemi. Podle Vokrouhlický aj. 2006.

V případě rodiny Koronis je situace trochu odlišná. Rodina je rozdělena na dvě části, přičemž každá má jinou střední hodnotu vlastní excentricity (ale stejný střední sklon). Jejich rozdělení koresponduje s polohou sekulární rezonance $g + 2g_5 - 3g_6$. Podrobnější studie ukazuje, že na rozdíl od Eosu zde nejsou možné dlouhodobé záchyty v rezonanci, ale driftující dráhy přes ni nutně přeskakují. Během tohoto procesu se jejich e_p vždy zdvihnou o $\sim 0,025$, což je přesně pozorovaný rozdíl mezi středními e_p dvou částí rodiny Koronis (obr. 8). Protože rezonance nezahrnuje frekvence s , sklony $\sin I_p$ zůstávají zcela netknuté.

Vliv YORPu

Na vzhledu rodin se podílí i *moment* síly vznikající emisí tepelného záření planetek, neboli YORP. Moment síly totiž mění sklon rotační osy a periodu (skrze $d\mathbf{L}/dt = \mathbf{M}$), a tímto prostřednictvím i velikost Jarkovského driftu ve velké poloose. YORP obvykle rotační osu sklápí kolmo k rovině dráhy na časové škále 10^1 Myr (pro kilometrovou planetku), hodnoty obliquity jsou pak blízké $\gamma \simeq 0^\circ$ nebo 180° ; Jarkovského denní jev je v takovém případě maximální.

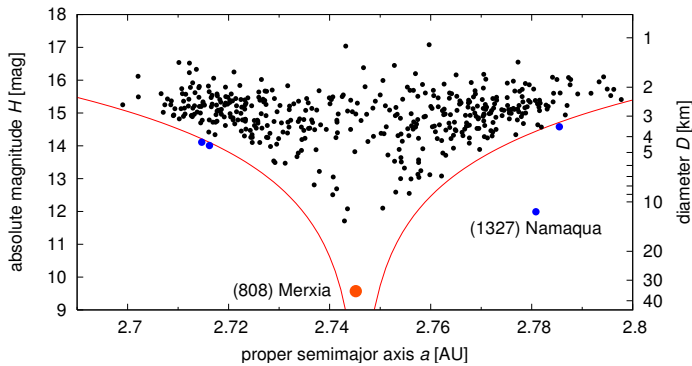
Například pro rodinu Merxia je ovlivnění YORPem dobře viditelné na grafu velká poloosa – absolutní hvězdná velikost (Vokrouhlický aj. 2006; obr. 9). Typický tvar do ‘V’ je způsoben jednak počátečním rozpadem a jednak Jarkovského jevem — obojí může malé fragmenty (s velkým H) více rozprostřít ve velké poloose.



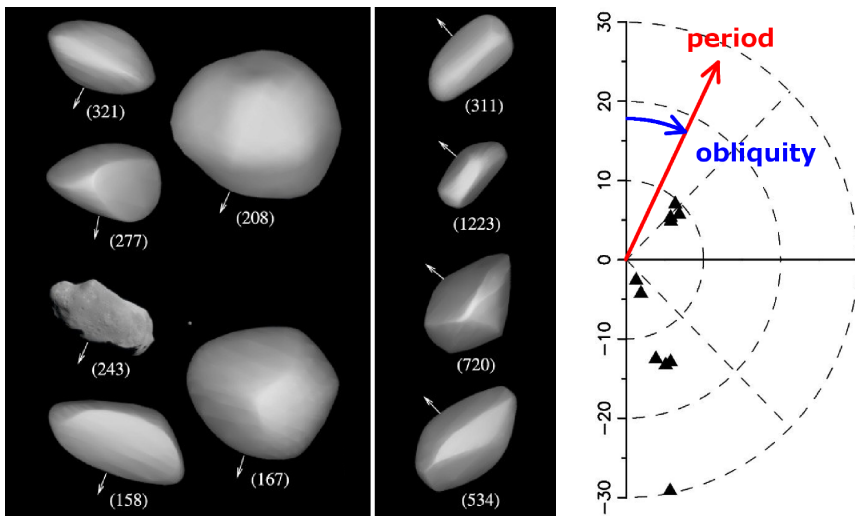
Obr. 8 — Simulovaný vývoj 210 planetek (modré čáry) působením Jarkovského jevu, v porovnání s pozorovanou rodinou Koronis (žlutými tečkami). Interakce se sekulární rezonancí $g + 2g_5 - 3g_6$ je zcela zřetelná jako skok v excentricitách poblíž 2,92 AU. Rodina Koronis je také ohraničená silnými rezonancemi středního pohybu J5:2 a J7:3. Doba trvání simulace je 700 Myr (méně než pravděpodobně stáří rodiny). Převzato z Bottke aj. (2001).

YORP je příčinou zvýšené koncentrace malých planetek na *okrajích* rodiny (a jejich úbytku ve středu), protože Jarkovského jev je YORPem (narovnáním osy) vlastně zesílen. Podrobnější analýzou rozložení planetek v rovině (a_p, H), respektive v jednorozměrném parametru $C = \Delta a_p / 10^{0.2H}$, kde Δa je vzdálenost tělesa od středu rodiny, je možné odlišit, jak mnoho byla tělesa rozptýlena počátečním rozpadem a jaký rozptyl získala postupně Jarkovského jevem. Odtud lze odvozovat i stáří rodiny; pro Merxii vychází 238^{+52}_{-23} Myr.

Pro probíhající vývoj působením YORPu existují i další důkazy, například v rodině Koronis je skupina planetek, které mají *dvojaké rozdělení sklonů rotačních os* (Slivan aj. 2003; obr. 10). Prográdní skupina má periody 7,5 až 9,5 h, obliquity 42° až 50° a dokonce podobné ekliptikální délky pólů soustředěné v rámci 40° . Hodnoty pro retrográdní skupinu jsou $P < 5$ h nebo $P > 13$ h a $\gamma \in (154^\circ, 169^\circ)$.



Obr. 9 — Rodina Merxia (identifikovaná metodou HCM pro rychlost $v_{\text{cutoff}} = 80 \text{ m/s}$) zobrazená na grafu velká poloosa – absolutní hvězdná velikost. Planetky vně tvaru ‘V’ (šedé tečky) jsou pravděpodobně přimísené a nesouvisejí s rodinou. (1327) Namaqua má ostatně potvrzený spektrální typ X, odlišný od typu S ostatních členů rodiny. Převzato z Vokrouhlický aj. 2006.

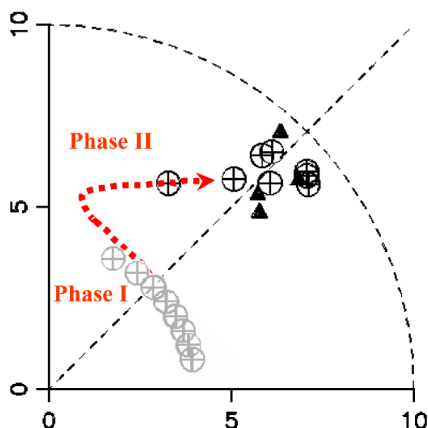


Obr. 10 — Modely tvaru a rotační osy deseti planetek rodiny Koronis (vlevo) a polární graf perioda – obliquita pro tutéž skupinu (vpravo). Upraveno podle Slivan aj. (2003).

Toto pozorování bylo velmi překvapivé, protože kolize by měly vytvářet náhodné rozdělení rotačních stavů, rozhodně ne bimodální.

Příčinou tohoto stavu je zvláštní souhra YORPů a *spin-orbitální gravitační rezonance* (Vokrouhlický aj., 2003). Vývoj od nějakého náhodného rozdělení ro-

tačních os je zprvu určován YORP jevem, který γ snižuje a P zvětšuje. Po asi 1 Gyr, když frekvence precese dosáhne hodnoty $\simeq 26''/\text{yr}$ je rotační osa zachycená ve spin-orbitální rezonanci s_6 („se Saturnem“) a tato posouvá γ k 50° , P k 8 h, a také vynucuje rovnoběžnou orientaci os v prostoru. Okolo času 2,5 Gy, což je přibližný věk rodiny Koronis, je soulad modelu s pozorováním výborný. Obdobně je možné vysvětlit i existenci retrográdní skupiny. Zde není žádná významná spin-orbitální rezonance, takže rotační osy se vyvíjejí YORPem volně, až k asymptotickému stavu.

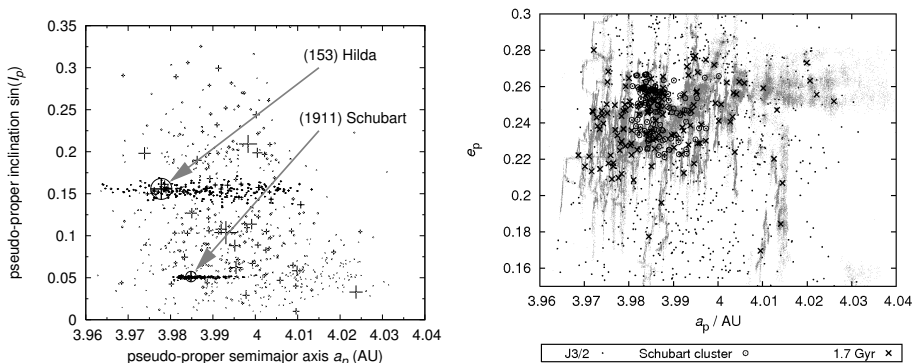


Obr. 11 — Polární graf perioda – obliquita zobrazující Slivanovu prográdně rotující skupinu. Pozorované planety jsou označené trojúhelníčky, počáteční stav numerického modelu (s obliquitami $\gamma \in (0^\circ, 90^\circ)$ a periodami $P = 4\text{--}5$ h) šedými kroužky a konečný stav po 2,5 Gyr černými kroužky. Čárkovaná čára se šipkou znázorňuje dynamický vývoj a dvě fáze, kterým dominuje: i) YORP; ii) záchyt v rezonanci. Upraveno podle Vokrouhlický aj. (2003).

Rodiny v rezonancích

Rodiny byly objeveny i mezi rezonančními asteroidy. V rezonanci středního pohybu 3:2 s Jupiterem, přesněji v její stabilní oblasti, jsou to rodiny Schubart a Hilda. V rezonanci 1:1, tedy mezi Trojany, je zřetelná například rodina Eurybates.

Obecně je dynamika v rezonancích odlišná, určuje ji zejména gravitační vliv Jupitera. V rezonancích prvního řádu (např. ve 3:2) velká poloosa planety vykonává rychlé oscilace okolo libračního centra, ale jinak je „zamknutá“ Jupiterem. Namísto obvyklého Jarkovského driftu ve velké poloose zde funguje *rezonanční Jarkovského jev*, který systematicky mění *excentricity* planetek. V případě malé tepelné vodivosti a prográdní rotace planetek se excentricita zvětšuje, u retrográdních se zmenšuje (Brož a Vokrouhlický, 2008; obr. 12).



Obr. 12 — Vlevo: pozorované planetky v rezonanci 3:2 s Jupiterem na grafu rezonanční velká poloosa – rezonanční sklon. Dvě rodiny, Schubart a Hilda, jsou zřetelné díky malému rozptylu sklonů. Vpravo: vývoj excentricit syntetické rodiny rezonančním Jarkovského jevem na grafu (a_p , e_p), v porovnání s pozorovanou rodinou Schubart. Obrázek zachycuje situaci v čase 1,7 Gyr po simulovaném vzniku rodiny, kdy je rozptyl excentricit v dobré shodě s pozorováním; šedivé linie naznačují vývoj až do 4 Gyr. Převzato z Brož a Vokrouhlický (2008).

Program Hvězdárny a planetária v Hradci Králové — říjen 2009

Otvírací dny pro veřejnost jsou středa, pátek a sobota. Od 19:00 se koná večerní program, ve 20:30 začíná večerní pozorování. V sobotu je pak navíc od 14:00 pozorování Slunce a od 15:00 program pro děti. Podrobnosti o jednotlivých programech jsou uvedeny níže. Vstupné 15,- až 50,- Kč podle druhu programu a věku návštěvníka. Změna programu vyhrazena.

Pozorování Slunce

soboty v 14:00, též 28. 10.
projekce Slunce dalekohledem, sluneční skvrny, protuberance, sluneční aktivita, při nepříznivém počasí ze záznamu

Program pro děti

soboty v 15:00, též 28. 10.
podzimní hvězdná obloha s astronomickou pohádkou **Jak Saturn prstenec pozbyl** v planetáriu, dětské filmy z cyklu Rákosníček a hvězdy, ukázka dalekohledu, při jasné obloze pozorování Slunce

Večerní program

středy, pátky a soboty ve 19:00
podzimní hvězdná obloha v planetáriu, výstava, film, ukázka dalekohledu, aktuální informace s využitím velkoplošné videoprojekce

Večerní pozorování

středy, pátky a soboty ve 20:30

ukázky zajímavých objektů večerní oblohy, *jen při jasné obloze!*

Přednášky

- sobota 10. 10. v 17:00 — **Seděly žáby v kaluži** (astronomie v krásné literatuře) — přednáší Mgr. Jan Veselý
- sobota 24. 10. v 17:00 — **Doteky Indočíny** (Kambodža, Vietnam, Laos) — přednáší MUDr. Petr Šubrt

Již 8. října budeme moci za ranního soumraku nízko nad východním obzorem pozorovat konjunkci Merkuru se Saturnem. Obě planety se od sebe budou nacházet pouze $19'$. Nedaleko bude zářit také Venuše, ke které se Saturn nejvíce přiblíží 13. října.

Zajímavým úkazem bude též konjunkce Měsíce a Marsu nastávající 12. října. Mars se bude nacházet $1,6^\circ$ severně. Konjunkce bude pozorovatelná v brzkých ranních hodinách nad východním obzorem. Zajímavé seskupení Měsíce, Merkuru, Venuše a Saturnu se pak odehraje 16. října a budeme ho opět moci pozorovat na ranní obloze.



Obr. 13 — (a) Přiblížení Merkuru a Saturnu 8. 10. ráno. (b) Seskupení Měsíce, Merkuru, Venuše a Saturnu 16. 10.

22. října by mohl překvapit meteorický roj Orionid, který má tento den své maximum. Mateřskou kometou tohoto roje je známá 1P/Halley a například v roce 2005 dosáhl roj frekvence 55 meteorů za hodinu.

V listopadu je nejtěsnější konjunkcí konjunkce Marsu a Měsíce 9. 11, obě tělesa se však budou od sebe dosti daleko ($4,1^\circ$). Jako obvykle 17. 11. by mělo nastat maximum meteorického roje Leonid. Bohužel se žádná zvýšená aktivita neočekává; Měsíc je však pouhý jeden den po novu, takže i skromnější příděl meteorů se může stát pěkným zážitkem.

Podzimní setkání slunečních hodinářů

Petra Kvasničková-Jindřichová

Setkání v Praze předcházela dlouhá doba příprav. Už před rokem na setkání v Hradci Králové jsme debatovali o příznivé době k výletu, kdy bychom mohli zkombinovat víkendové procházky Prahou a cenově dostupné ubytování. Právě kvůli možnosti nocování na strahovských studentských kolejích a blízkosti hvězdárny na Petříně jsme podzimní setkání netradičně uspořádali ještě v létě, na začátku září 2009.

Do plánování pražské akce se zapojilo více lidí. Možná proto, že je Praha lákavá, plná starých a ve většině případů velmi dochovaných slunečních hodin, které objevíte i při běžné procházce a náhodně zachytíte vaším fotoaparátem. S panem Nosekem jsme si telefonicky ujasnili základní trasu — co nesmíme vynechat a co stojí za vidění. Teď mohu přiznat, že svými návrhy na návštěvu běžně nepřístupných klášterů jsem si z počátku nebyla jistá. Bylo to spontánní a troufalé, ale věřila jsem, že se tyto věci mohou podařit. Ne ve všem jsem měla prsty — pan Brož zajistil prohlídku exponátů v Umělecko-průmyslovém muzeu, kde nám čas věnoval pan Fomín. Vyjednávání o prohlídce Strahovského kláštera zajistil pan Nosek sám.

Sobota 5. 9. 2009

Výchozím bodem se stává pražský poledník na Staroměstském náměstí. V 10 h dopoledne se zde setkává velká skupina lidí, Prahou bloudí naštěstí jen jeden ztracený. Pan Nosek všem účastníkům rozdá visačky s logem spolku a jménem účastníka — naše akce hned vypadá velmi profesionálně a cedulky nám usnadňují vstupy do objektů; mnohde se diví, kolik nadšenců jde prohlížet místní hodiny. Mirek Brož vysvětluje historii a důvod používání pražského poledníku, současně zmiňuje souvislost s původním mariánským sloupem, o jehož obnovení se poslední roky v Praze debatuje.

Počasí bohužel zrána moc nepřeje, je zima, větrno a zamračená obloha — kdo ví, jak celý víkend proběhne. V rámci pěší túry městskými ulicemi se alespoň zahříváme rychlou chůzí. První zastávkou je nemocnice Na Františku, která dříve byla klášterem milosrdných bratří. Stojíme pod prvními nástěnnými hodinami a pozorní si hned všimají špatně nastaveného ukazatele. Po chvíli vykoukne sluníčko, a tak se hromadně fotografuje. Ze zvědavosti si prohlížíme ještě jedny stropní hodiny v blízké chodbě, které jsou neobyčejné, s ručičkou zakončenou lidskou lebkou — upozornil nás na ně pan vrátný.

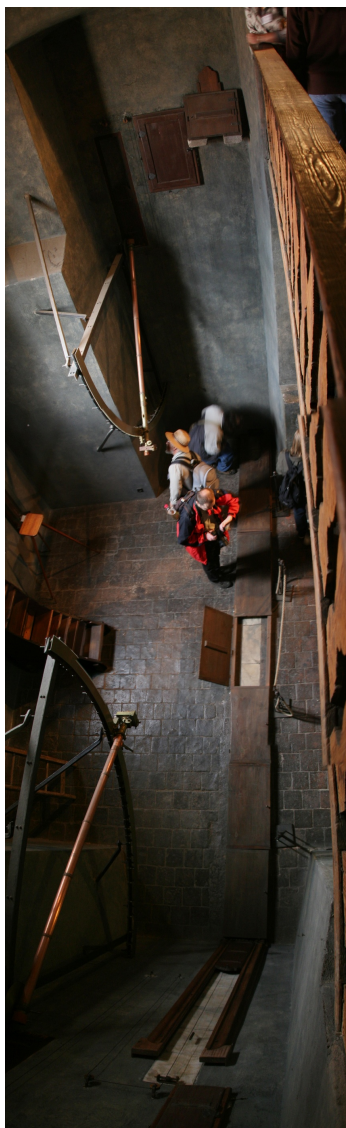
Nastává změna v plánu a přecházíme přes židovské město (kolem sochy Franze Kafky) a přes Mánesův most na Malou stranu. U metra Malostranská jsou z dálky viditelné sluneční hodiny na Krocovském domě. Jsou to východní hodiny a ještě je zastihneme s vrženým stínem. Bohužel hodinám stíní také převislá střecha a okap, což narušuje celkový dojem. Kousek odsud v Letenské ulici č. 5 navštívujeme

mateřskou školu. Zde pro naši akci měla pochopení paní ředitelka a zapojila paní školnici, která byla přítomna jen během sobotního dopoledne, aby naši skupině umožnila přístup na dvůr. Rozptýlujeme se v prostoru a objektivy se zaměřují na dvoje sluneční hodiny, které byly objeveny náhodou při rekonstrukci budovy, dlouhou dobu totiž zůstaly skryté pod omítkou. Východním hodinám chybí ukazatel, a kdosi podotýká, že by bývalo bylo levnější hodiny zkompletovat přímo při rekonstrukci objektu, neboť samotné postavení lešení by stálo miliony, a to nyní nikdo neprovede. Pan Fischer se nabízí, že za určitou provizi se dobrovolně slaní ze střechy a ukazatel připevní. . .

Vracíme se přes most zpátky na Staré Město, a to kvůli domluvené prohlídce Klementina ve 12 h. Procházíme Studentským nádvořím a prohlížíme dvoje hodiny. Naše uskupení zaujme několik turistů, kteří se také zastavují a fotí. Procházíme kolem astronomické věže, na které jsou jedny kompletní sluneční hodiny a na protější straně zbylý ukazatel. Zbývá nám ještě čas a můžeme vstoupit na Hospodářský dvůr. Údiv se objevuje na mnohých tvářích — poprvé vidíme čtvery sluneční hodiny na jednom místě. Dvoje východní a dvoje jižní. Dopřejeme si čas na prohlédnutí a pokračujeme zpátky do věže, kde je pro nás zamluvena prohlídka. Získáváme skupinovou slevu, což je příjemným překvapením. Seznamujeme se s historií Klementina a zrcadlové kaple, pak schodištěm stoupáme ke knihovně s mnoha glóby a s různými měřicími přístroji v předsálí. Je poznat, že jsme skupinou zapálených odborníků i laiků, kteří zkoumají a potají dokumentují vše, co souvisí s astrologií. Po schodech vystoupáme až na vrchol k poledním šterbinovým hodinám a pak až na ochoz, odkud svrchu prohlížíme Prahu a nakukujeme do nádvoří Klementina — mnohé hodiny lze vyfotit také odsud. Po sestupu zpět na ulici zkusíme ještě vstoupit na Révové nádvoří; po dohodě s ochrankou Klementina můžeme dovnitř. Přichází pravděpodobně vrchol dne — osmery hodiny na jednom místě! Nacházejí se na krásném klidném nádvoří, na stěnách s pnoucí révou.

Z dnešního programu jaksí vynecháváme oběd, stravujeme se z domácích zásob. Čas běží a nezbývá nám než rychle přejít do Umělecko-průmyslového muzea, kde na nás čeká pan Fomín. Zajistil nám volný vstup do expozice a ukázal nám vystavené přenosné sluneční hodiny. Je jich k vidění hodně, některé dosti kuriózní (například v podobě číše nebo prstenu). Kromě přenosných slunečních hodin jsou v sále různé mechanické hodiny, které se používaly v průběhu staletí.

Abychom nezůstávali na jednom břehu Vltavy, přecházíme znovu přes Mánesův most (dnes již potřetí, jak hbitě spočítal Jan Pfořtner), abychom došli na smlouvenou schůzku s páterem Juanem v klášteře augustiniánů. Chtěla bych pochválit všechny oslovené kláštery, které jsem měla v úmyslu zařadit do programu. Všude mi vyšli vstříc, reagovali na e-mail nebo mi rovnou dali k dispozici své číslo mobilního telefonu. Byli velmi potěšeni, že se o jejich kláštery zajímáme, a budeme-li mít v budoucnu zájem, stačí prý zazvonit na zvonek a domluvit se. A právě páter



← štěrбина

← odkryté vlákno

← napínací závaží

Obr. 14 — Vlákňové polední hodiny v astronomické věži Klementina (ev. č. 01 1/14). Malým otvorem ve stěně vnikaly paprsky do tmavé místnosti a na podlaze vytvářely obraz Slunce (jako camera obscura). V okamžiku, kdy napnuté vlákno severo–jižního směru dělilo kotouček na dvě poloviny, zavolal pozorovatel na zřízence, který z nejvyššího patra věže mávnul praporem. Tímto dal znamením dělostřelcům na Letenské pláni, aby výstřelem z děla oznámili občanům právě poledne. Foto Miroslav Brož.

Juan byl první, kdo ochotně a s velkým časovým předstihem slíbil prohlídku, sám vyjádřil přání se naší exkurze účastnit a také si ji vyslechl. Sluneční hodiny na zdi zahrady u augustiniánského kláštera jsou zakonzervované. Jejich přesná kopie byla namalována na novou zeď.



Obr. 15 — Sluneční hodiny v klášteře augustiniánů (ev. č. 01/5). Foto Pavel Uhrin.

Hned vedle kostela sv. Tomáše, na rohu Malostranského náměstí vidíme další dvoje nedávno objevené sluneční hodiny, také se z pod omítky ukázaly až při rekonstrukci domu. Už nám to připadá velice běžné, kam se posuneme, tam na nás nějaké nové sluneční hodiny vykouknou. A hledáme to nejvhodnější místo pro ideální snímek. Procházíme Karmelitskou ulicí do Petřínských zahrad a zezadu nahlížíme přes plot na dům kostelníka u kostela Panny Marie Vítězné. Výhled je špatný, ale kdo zdolá zídku, možná toho uvidí víc.

Většina, možná již trochu unavených, se vydává k dolní stanici petřínské lanovky. Zde mírně odbočím, neboť patřím k hrstce dobrovolníků, kteří se rozhodli kopec vyšlápnout. Odměnou je pro nás objev několika mandlovníků se zralými mandlemi, takže trháme, abychom měli po návratu domů malá překvapení. Šikula je malý Rosta, který s tatínkou kopec vyšlapal sám a ani ho nohy nebolely.

V podvečer se scházíme na semináři ve Štefánikově hvězdárně na Petříně. S různorodými příspěvky přicházejí M. Brož, P. Příhoda — autor knihy o slunečních hodinách, J. Ciesla, M. Šolc — s počítačovým programem pražského orloje a na závěr M. Nosek. Závěrem jsme vyzváni, ať se aktivně účastníme hlasování o nejpěknější tuzemské a zahraniční sluneční hodiny za uplynulé čtvrtletí, soutěž a vyhodnocení povede J. Ciesla, od kterého dostáváme praktický dárek — stolní kalendář na rok 2010 s motivy slunečních hodin. Děkuji!

Neděle 6. 9. 2009

Nedělní program je volnější. Pevným bodem zůstává sraz v 10 h v Břevnovském klášteře, svůj ranní program si tvoří skupina bydlící na strahovských kolejích. Nerudovou ulicí scházejí dolů a prohlédnou si dvoje další hodiny, pak se svezou tramvají až do Břevnova. Tady nás již očekává bratr Štěpán, který nás vede na nádvoří s trojím slunečními hodinami a ještě otvírá dveře do chodby, kde jsou unikátní interiérové sluneční hodiny. Vzniká vzrušená debata a paní Brožová zapůjčuje zrcátko, které slouží k pokusům, jak se asi vrhala „prasátka“ na strop v chodbě. Celá tvůrčí akce je velmi zábavná, neboť mnozí uléhají na zem, aby zvládli co nejlepší snímek.

Bratr Štěpán nám připravil překvapení. Pokud se rozdělíme do třech menších skupinek, zavede nás do veřejnosti nepřístupných prostor. Na vnitřním nádvoří v klauzuli kláštera si můžeme prohlédnout nám zcela neznámé hodiny. V naprosté tichosti rychle fotografujeme a děkujeme za nečekané překvapení. Závěrem pořizujeme společný snímek, aby nám zůstala vzpomínka na pražské setkání.



Obr. 16 — Skupinová fotografie účastníků podzimního setkání pod jižními hodinami v prelatuře Břevnovského kláštera. Foto Pavel Uhrin, Jindřich Traugott.

V neděli si oběd dopřejeme v místní restauraci U kláštera. V menu jsou také hotovky, takže neztrácíme zbytečně čas. Hodně lidí dnes čeká dlouhý návrat domů a jídlo se nemá šidit.

Tramvají jedeme zpět na Hradčany, kde se chystáme do kapucínského kláštera. Již z dálky slyšíme loretánskou zvonkohru, která pěkně dokresluje zdejší atmosféru. Bratr Josef nás ochotně zve na návštěvu zahrady kláštera, ve které jsou troje sluneční hodiny. Jedny (východní) jsou vysoko na stěně a trochu jsou vidět z Loretánského náměstí. Další dvoje zvenku viditelné nejsou, čili je to pro nás premiéra. Klášterní zahrada působí velmi útulně — uprostřed je kašna s dvěma želvami, což upoutává děti, ale i dospělé.



Obr. 17 — Kvadratura kapucínského kláštera na Loretánském náměstí.

Před návštěvou Strahovského kláštera nám zbývá ještě čas a využíváme jej k prohlídce Martinického paláce na Hradčanském náměstí. Máme domluvené snížené vstupné, ale abychom se k slunečním hodinám dostali, musíme projít celým prohlídkovým okruhem. Letmo se rozhlížíme po vnitřním vybavení paláce, až dojdeme ke sgrafitovým hodinám, na které se díváme z protějšího okna.

Naše víkendová akce míří do finále — cílem je Strahovský klášter. K dispozici je nám průvodce, který nás vpouští do zahrady a nad očekávání nás provází dalšími prostorami kláštera. Na klášterní stěně vidíme šestici slunečních hodin. Při debatách se objevují nové názory a poznatky k daným hodinám. Výhledem na Pražský hrad a podhradí se loučíme a končíme setkání. Část účastníků spěchá na vlak či autobus a ostatní se rozcházejí o pár minut později.

Doufám, že se víkend v Praze všem zúčastněným líbil. Dostali jsme se do míst, kam se mnozí Pražané během svého života nepodívají, a snad nikdo nebyl zklamán. Držím palce dalším ve štafetě, na jaře by prý měl být výlet v Olomouci.

[1] POLÁK, B. *Staropražské sluneční hodiny*. Praha: Academia, 1986.



Obr. 18 — Krásné jižní hodiny v kapucínském klášteře (ev. č. 01 13/3), známé mimo jiné z obálky knížky Josefa Jírasko.



Obr. 19 — Detail západních hodin v klášteře kapucínů (01 13/2), které jsou dnes prolomené oknem. Po úpravě kontrastu jsou patrnější zbytky původního číselníku: jedna hodinová úsečka a hyperbola pro zimní slunovrat. Tyto hodiny se tak zřejmě provedením podobaly hodinám východním, na přilehlém kostele Panny Marie Vítězné (01 13/1). Foto Jiří Bok.



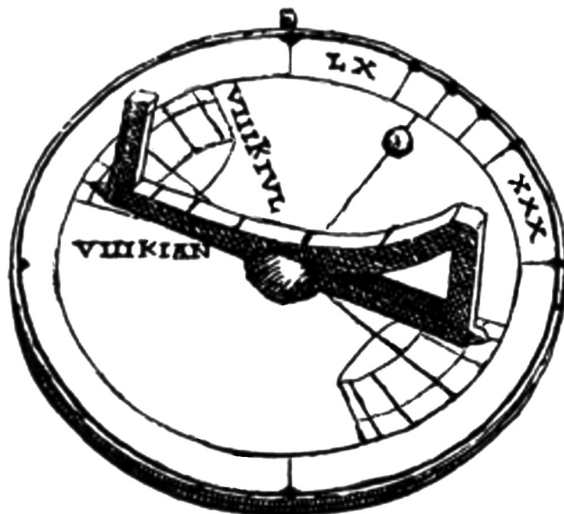
Obr. 20 — Refektář Strahovského kláštera s šesti slunečních hodin. Číselník třetí zleva není striktně vzato slunečními hodinami, neboť neměří hodinový úhel Slunce, nýbrž azimut. Aktuálně ukazovaná hodnota ale s azimutem Slunce nesouhlasila. Na prvních hodinách jsou úsečky hodin počítány od západu Slunce předchozího dne. Jsou pěkně zakomponované do obrazu jako poledníky Zeměkoule, které měří vědec. Číslování se však zdá chybné, je vynechána číslice 21.



Obr. 21 — Detail gnómonicky nejbohatších hodin (01 4/2) ve Strahovském klášteře.

V období Říše římské byly přenosné sluneční hodiny nazývané *viatoria pensilia*, kterýžto název je odvozen od jejich závěsného mechanismu. Tato skupina čítá nepřeborné množství variant, lišících se od sebe nejen tvarem a provedením, ale i způsobem, jakým bylo měření času prováděno. Některé typy byly již Vitruviem (*De Architectura*, kniha IX, kap. 8) zařazeny do skupiny *pros pan clima*, to znamená hodiny uzpůsobené pro použití ve všech zeměpisných šířkách.

Jedny velice zajímavé hodiny z této skupiny, na svoji dobu velice zajímavě a pokrokově řešené, byly objeveny v Tusculum (tj. bývalý chrám asi 25 km od Říma) v roce 1741. Nález ale nebyl kompletní a navíc byl ve velmi špatném stavu. První popis těchto hodin pochází z téhož roku od G. Baldiniho (*Saggi di Dissertazioni etct nell' Accademia Etrusca di Cortona*). Později se objevilo ještě několik popisů (G. H. Martini 1777, F. Woepke 1842), avšak první kompletní práce pochází až od Lewise Evanse, kterou publikoval v knize *The Book of Sundials* z roku 1900. Následující popis se vztahuje na hodiny z kolekce L. Ewanse, které byly nalezeny ve velmi dobrém stavu nedaleko Bratislavy a nyní jsou součástí sbírek *Museum of the History of Science* v Oxfordu. Datovány jsou podle různých pramenů do období let 120 až 300 n. l.



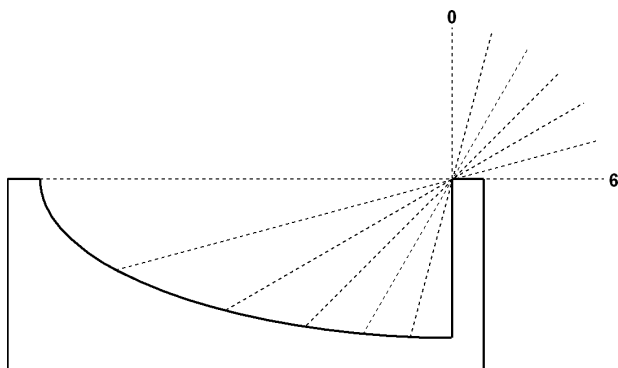
Obr. 22 — Římské hodiny.

Celý instrument je zhotoven z bronzu a je složen ze čtyř dílů. Největší částí je disk o tloušťce asi 3 mm a o průměru 60,5 mm s vyrytými názvy třiceti měst včetně zeměpisné délky na jeho zadní části. Údaje jsou psané latinkou a římskými

číslicemi (od EGYPT XXX po BRIT LV). V horní části disku je očko na zavěšení. Na obvodu přední strany disku, v horním pravém kvadrantu, je úhlová stupnice pro zeměpisnou šířku v rozsahu 30° až 60° po 10° označená rovněž římskými číslicemi XXX a LX.

V přední části disku je otočně kolem středu vsazen kotouček, na kterém je ryskou vyznačen rovník. Po pravé a levé straně se nachází deklinační stupnice pro polohu Slunce nad a pod rovníkem v rozsahu $23,5^\circ$. Levá část stupnice je označena daty zimního slunovratu VIIIKIAN (8 dní před 1. lednem odpovídá 25. prosinci dle juliánského kalendáře) a letního slunovratu VIIIKIVL (8 dní před 1. červencem — 24. červen juliánského kalendáře). Na kotoučku se nachází ještě jedna značka umístěná na rysce kolmé k rovníku. Tato značka slouží k natočení kotoučku dle zeměpisné šířky.

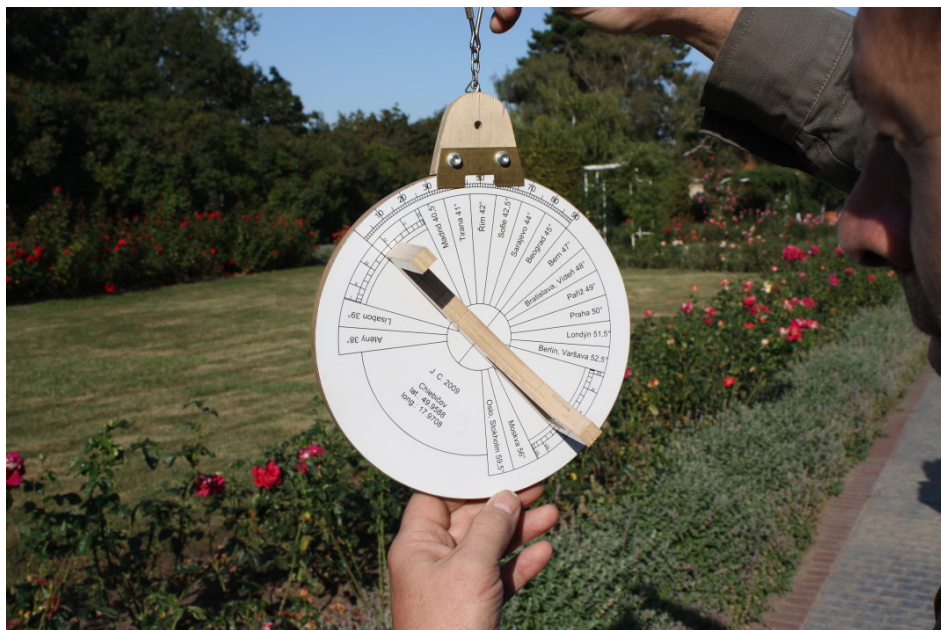
Nejzajímavější částí je ale samotný číselník s gnómonem, který je uchycen na čepu ve středu disku a ze zadní strany zajištěn kolíkem. Jednotlivé hodinové rysky, kterých je šest, jsou bez čísel a jsou vyneseny na zakřivené ploše. Světlou část dne tak dělí na dvakrát šest hodin *ante meridiem* — před polednem a *de meridiem* — po poledni. Čas měřený těmito hodinami je rovnoměrný pouze v době rovnodennosti.



Obr. 23 — Schéma ukazatele s číselníkem. Hodinové rysky jsou v odstupu po 15° .

Postup měření času je následující:

1. nastavíme značku na vnitřním disku proti příslušné zeměpisné šířce;
2. nastavíme sklon číselníku s gnómonem proti aktuálnímu datu;
3. zavěsíme hodiny a natočíme tak, aby stín vrhaný ukazatelem padal celou svou šířkou na číselník, nesmí zasahovat mimo;
4. z polohy konce stínu odečteme čas. Při východu a západu slunce dopadá světlo kolmo na číselník a v poledne je číselník natočen svojí hranou přesně ve směru sever–jih.



Obr. 24 — Použití římských slunečních hodin. Foto Pavel Uhrin.

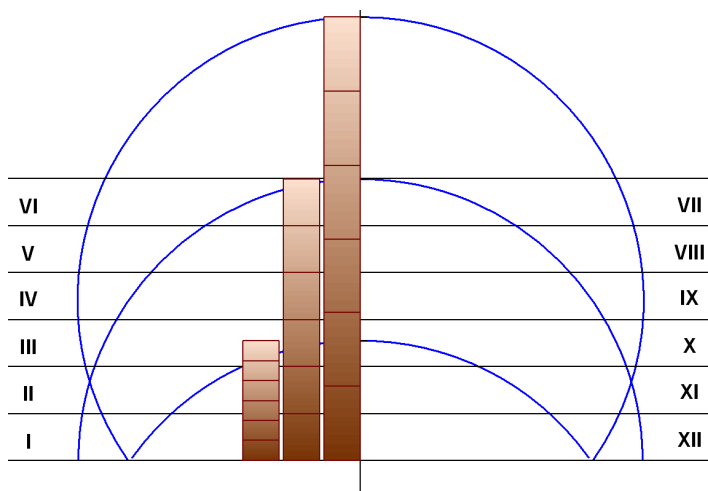
Délka hodin

Zpočátku byl den rozdělen na čtyři etapy, teprve později bylo přijato dělení na dvanáct hodin. V době Ciceronově byla už i noc rozdělena na dvanáct hodin. Hodiny se u Římanů označovaly řadovými číslovkami: místo „jedna hodina“ se říkalo „první hodina“ (*hora prima*). Délka hodiny se měnila během roku v závislosti na délce dne, čili šlo o nerovnoměrné hodiny (*horae unequale*). Jak vyplývá z tabulky, pro Římany byla maximální odchylka $\frac{1}{4}$ hodiny, což byla na tehdejší dobu vysoká přesnost.

Délka temporální hodiny je rovna jedné dvanáctině světlé části dne, přičemž celková délka světlé části dne se v průběhu roku mění. První hodina začíná východem Slunce. Poledne nastává s koncem šesté hodiny. Dvanáctá hodina končí západem Slunce. Spodní oblouk reprezentuje pohyb Slunce nad obzorem v době zimního slunovratu, kdy je délka jedné hodiny nejkratší. Prostřední oblouk patří dráze Slunce ve dnech rovnodennosti, kdy jsou délky denních i nočních hodin stejné. Horní oblouk značí pohyb Slunce nad obzorem v době letního slunovratu, kdy je Slunce nejvýše nad obzorem, denní hodina je nejdelší a noční nejkratší.

místo	15° 0' v. d., 50° 0' s. š		12° 29' v. d., 41° 54' s. š.	
datum	21. VI.	21. XII.	21. VI.	21. XII.
hodina	začátky			
0	3:57	8:03	4:40	7:39
1	5:18	8:42	5:55	8:24
2	6:38	9:21	7:11	9:09
3	7:59	10:00	8:26	9:54
4	9:20	10:40	9:41	10:39
5	10:41	11:19	10:56	11:23
6	12:02	11:58	12:12	12:08
7	13:23	12:36	13:27	12:53
8	14:43	13:16	14:42	13:37
9	16:04	13:56	15:58	14:22
10	17:25	14:35	17:13	15:07
11	18:46	15:14	18:28	15:52
12	20:06	15:53	19:43	16:37
délka	1:21	0:39	1:15	0:45

Tab. 2 — Začátky jednotlivých temporálních hodin a jejich délky v závislosti na roční době a zeměpisné šířce. V období rovnodenností je délka temporální hodiny 60 minut.



Obr. 25 — Grafické znázornění pohybu Slunce nad obzorem a závislosti délky dne na délku temporální hodiny.

Výběr nejlepšího přírůstku do katalogu za poslední tři měsíce byl tentokrát velice náročný. Vzhledem k tomu, že byl čas dovolených, jsme mohli čekat, že bude opravdu z čeho vybírat. Z celkového počtu 215 nových záznamů připadá 179 na zahraničí. Hlavní podíl tvoří snímky, které pořídili na svých dovolených manželé Noskovi a Uhrinovi — velice atraktivní, pěkně a precizně provedené číselníky z Itálie a Francie. Nelze opomenout ani přírůstky od našich severních sousedů z Polska, odkud nás bohatě zásobuje přítel slunečních hodin pan Oczki.

Vlastního hodnocení se zúčastnilo pět hlasujících, za což jim děkuji. I přesto, že od jednoho hlasujícího přišel toliko seznam bez udání pořadí, bylo toto při celkovém hodnocení zohledněno. Do užšího výběru se dostalo 15 domácích a 29 zahraničních příspěvků. Vyhodnocení hlasování nebylo jednoduché, a to hlavně u zahraničních příspěvků, kde byla velká roztržitost hlasů.

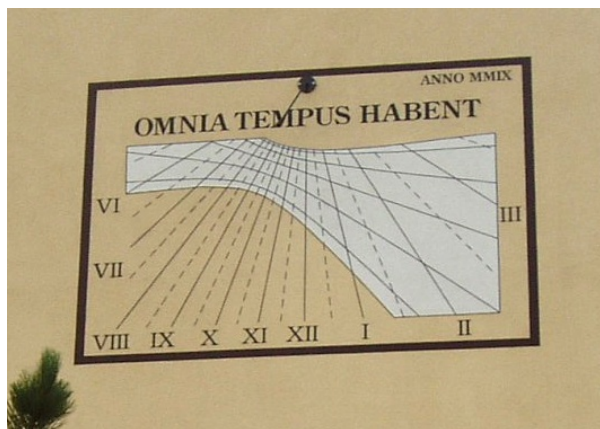
Nakonec díky vysokému hodnocení dvou účastníků zvítězily sluneční hodiny z italského městečka Aiello del Friuli (ev. č. IT XX 22) s celkovým počtem 17 bodů. Svě ocenění si zasloužily grafickým ztvárněním a gnómicou bohatostí. Součástí dobře vyvedeného číselníku jsou ještě polední hodiny s výtvarně dokonale zakomponovanou analemou.

Na druhém místě zahraniční části soutěže se umístily s 15 body od dvou hlasujících hodiny v Arvieux ve Francii (FR 05 13) — velice pěkně zdobený číselník, zhotovený velice jednoduchými prostředky, zkratka od pana Zarbuly.



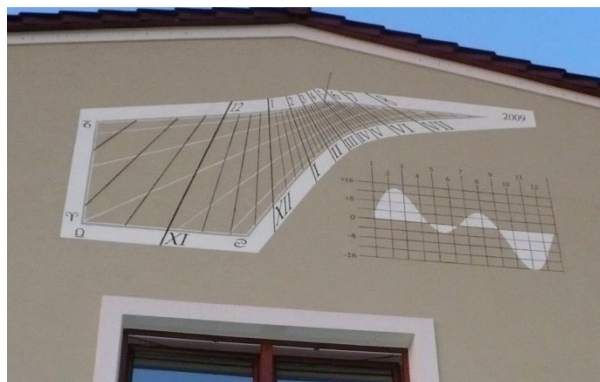
Obr. 26 — Sluneční hodiny v Arvieux ve Francii (ev. č. FR 05 13) a v Aiello del Friuli v Itálii (IT XX 22). Miloš Nosek a Pavel Uhrin.

V domácí části soutěže se sešli hned tři soutěžící, kteří dali společně 19 bodů slunečním hodinám v Choceradech s katalogovým označením BN 57, a to zejména za vkusné provedení a použití sedmi datových čar.



Obr. 27 — Sluneční hodiny v Choceradech (BN 57). Foto Martin Mančík.

Bezkonkurenčním vítězem tohoto kola se ale staly nové sluneční hodiny v obci Rouské (PR 35) s 36 získanými body od pěti hlasujících. Ceněná je zejména gnómonická bohatost, použití kolmého ukazatele a také zobrazení časové rovnice, které je zatím v našich končinách spíše ojedinělé.



Obr. 28 — Hodiny v Rouském (PR 35). Foto Ludvík Hejda.

Uzávěrka dalšího kola připadá na 25. prosince 2009, takže si nezapomeňte udělat poznámku do kalendáře a včas poslat váš tip. Očekávám, že v příštím kole bude počet hlasujících o něco větší, aby hlasování bylo objektivnější.